



Iiro Pitkänen

## **TEOLLISUUSHALLIN RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTEL- MÄN SANEERAUS**

# **TEOLLISUUSHALLIN RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTEL- MÄN SANEERAUS**

Ilro Pitkänen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2020  
Sähkö- ja automaatiotekniikan  
tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Automaatiotekniikka

---

Tekijä: Iiro Pitkänen

Opinnäytetyön nimi: Teollisuushallin rakennusautomaatiojärjestelmän saneeraus

Työn ohjaajat: Tero Hietanen, Aleksi Holappa

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020 Sivumäärä: 40 + 2 liitettä

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa rakennusautomaatiojärjestelmän saneeraus. Työn kohteena oli Raahessa sijaitseva teollisuushalli. Työn toimeksiantajana toimi Caverion Suomi Oy.

Opinnäytetyössä käsitellään koko saneerausprojektin eri vaiheet, joihin kuului järjestelmän suunnittelu, ohjelmointi, laitteiston asennus ja käyttöönotto, järjestelmän säätäminen ja luovutusmateriaalien tekeminen. Teoriaosuudessa esitellään rakennusautomaatiojärjestelmän eri toimintoja ja tutustutaan tarkemmin rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkian osa-alueisiin. Työssä tutustutaan ilmanvaihtokoneen ja lämmönjakokeskuksen toimintaan sekä niihin kuuluviin laitteisiin.

Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin toimiva ja paranneltu rakennusautomaatiojärjestelmä kohteeseen, johon kuuluu ilmanvaihtokoneiden, lämmönjakokeskuksen ja ulkovalaistuksen ohjaukset. Kohteen rikkoutunut paikallisvalvomo muutettiin nettiselaimella toimivaksi etävalvomoksi. Saneeraus saatiin suoritettua aikataulussa ja järjestelmä testattiin lopuksi onnistuneesti.

---

Asiasanat: rakennusautomaatio, saneeraus, Caverion Oy

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering, Automation Engineering

---

Author: Iiro Pitkänen

Title of thesis: Industrial building automation system renovation

Supervisors: Tero Hietanen, Aleksi Holappa

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020 Number of pages:

---

The aim of the thesis was to design and implement building automation system renovation. The subject of the thesis was an industrial hall located in Raahe, Finland. Work was ordered by Caverion Oy.

Thesis goes through the whole renewal project which has different phases that include building automation system design, programming, hardware installation, system adjustment and creating final documents of the system. Theoretical part goes through the various functions of the building automation system and inspects the hierarchy of building automation system. It introduces the operation of the ventilation unit and heat distribution center, as well as the equipment around them.

The result of this thesis was a functional and improved version of the automation system, that included control of the ventilation units, heat distribution center and the outdoor lighting. Broken local control computer was replaced remote access system, that is used with normal web browser. The renovation project was completed on schedule and system was tested successfully.

---

Keywords: building automation, renovation, Caverion Oy

# SISÄLLYS

SISÄLLYS .....	5
SANASTO.....	7
1 JOHDANTO .....	8
2 RAKENNUSAUTOMAATIO .....	10
2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä yleisesti .....	10
2.2 Ilmanvaihto.....	10
2.3 Lämmönjakokeskus.....	12
2.4 Lisäohjaukset .....	13
3 RAKENNUSAUTOMAATION HIERARKIA .....	15
3.1 Hierarkian tasot .....	15
3.2 Valvomo .....	16
3.2.1 Niagara AX .....	16
3.2.2 Tosibox.....	17
3.3 Valvonta-alakeskukset .....	18
3.3.1 EC-BOS-8 .....	18
3.3.2 MIO-52 .....	19
3.4 Kenttälaitteet .....	19
3.4.1 Ilmanvaihtokoneen anturit.....	20
3.4.2 Vesiverkoston lämpötila-anturit.....	22
3.4.3 Muut lämpötilamittaukset .....	23
4 TYÖN SUORITUS .....	24
4.1 Pistemääritykset.....	24
4.2 Grafiikkanäytöt .....	25
4.3 Ohjelmointi .....	26
4.3.1 Ilmanvaihtokoneen TK01 toiminta.....	27
4.3.2 Ilmanvaihtokoneen TK02 toiminta.....	28
4.3.3 LJH.....	29
4.3.4 Ohjelmalliset toiminnot .....	30
5 LAITTEISTON ASENNUS JA KÄYTTÖÖNOTTO .....	34
5.1 Laitteiston asennus .....	34

5.2	Järjestelmän testaus .....	35
5.3	Järjestelmän säädöt .....	36
6	YHTEENVETO .....	38
	LÄHTEET .....	39
	LIITTEET .....	41

## **SANASTO**

AO	Analog Output, analoginen lähtö
Ethernet	Pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu
IO	Input/Output, Tulo/Lähtö
IV	Ilmanvaihto
LJH	Lämmönjakohuone
LTO	Lämmöntalteenottolaite
LX	Valaistusvoimakkuuden yksikkö
Modbus	Sarjaliikenneprotokolla
Pascal	Paineen yksikkö
RS485	Sarjaliikenneväylän standardi
TE	Temperature element, lämpötila-anturi
TK	Tuloilmakone
VPN	Virtual Private Network
VAK	Valvonta-alakeskus
V	Voltti, jännitteen yksikkö

# 1 JOHDANTO

Rakennusautomaatiojärjestelmät vaativat saneerauksen järjestelmän rikkoutessa tai järjestelmän määritellyn elinkaaren saavuttaessa loppuvaiheensa. Saneerauksella tarkoitetaan rakennusautomaatiojärjestelmän päivittämistä uuteen. Rakennusautomaatiojärjestelmän saneerauksessa päivitetään tarpeen mukaan järjestelmän logiikkaohjain, I/O-laitteet, sovellukset, valvomon grafiikkakuvat ja tarvittaessa kenttälaitteistoa, eli antureita ja toimilaitteita. Saneerauksen yhteydessä on myös hyvä tilaisuus tehdä uudistuksia ja lisäyksiä itse prosessiin ja näin parantaa sen toimintaa entisestään.

Opinnäytetyön tilaajana toimi Caverion Oyj, joka on Nasdaq Helsinki -pörssissä listattu osakeyhtiö. Caverion suunnittelee, toteuttaa, huoltaa ja ylläpitää energia- tehokkaita ja käyttäjäystävällisiä teknisiä ratkaisuja kiinteistöille, teollisuudelle ja infrastruktuurille. Caverion toteuttaa talotekniikkaprojekteja uusiin tai peruskorjattaviin kiinteistöihin ja pyrkii varmistamaan terveelliset ja viihtyisät olosuhteet kuin myös kiinteistön optimaalisen toiminnan ja kustannushallinnan. (1.)

Opinnäytetyön saneerauskohteena oli teollisuushalli Raahessa. Saneeraus tuli ajankohtaiseksi kiinteistössä, koska kiinteistön paikallinen valvomotietokone oli hajonnut täysin. Kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmä oli toimintakuntoinen eikä projektissa ollut tarvetta uusien toimilaitteiden, mutta lähes kaikki mittausanturit uusittiin.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa uusi toimiva valvomo kohteeseen ja saneerata tarvittavat laitteet uusiin. Valvomo oli tarkoitus samalla muuttaa paikallisvalvomosta etävalvomoksi. Kohde sisältää kaksi erillistä IV-konetta TK01 ja TK02, joista pienemmän TK01 tehtävänä on hoitaa sosiaali- ja toimistotilojen ilmanvaihto ja isomman koneen TK02 tehtävänä on hoitaa teollisuushallitilojen ilmanvaihto. Molemmat ilmanvaihtokoneet toimivat samassa valvontalakeskuksessa VAK-1. Projektiin sisältyi toinenkin alakeskus VAK-2, jossa sijaitsee lämmönjakokeskuksen ohjaukset ja hallin ulkovalaistuksen ohjaukset.



Saneeraukseen kuului laitteiston ohjelmien suunnittelu, uuden valvomon tekeminen, laitteiston asennus ja käyttöönotto. Prosessiin tehtiin myös muutamia lisäyksiä, jotka paransivat kohteen toimintaa ja valvontaa entisestään. Lopuksi rakennusautomaatiojärjestelmä luovutettiin asiakkaalle sekä annettiin kohteen luovutusmateriaalit, jotka sisältävät IO-luettelot, kytkentäkuvat ja kojeluettelot.

## **2 RAKENNUSAUTOMAATIO**

Tässä luvussa esitellään rakennusautomaation yleisiä perusteita ja käsitellään saneerauskohteen rakennusautomaatiojärjestelmä, sen eri osa-alueet ja niiden toiminnot.

### **2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä yleisesti**

Rakennusautomaation tehtävänä on huolehtia sisäolosuhteiden pysymisestä sille suunnitellulla tasolla ja haasteena siinä on välttää turhaa energian käyttöä. Suunniteltua energiatehokkuutta pystytään ylläpitämään oikealla instrumentoinnilla, kohteeseen sovitetuilla ohjelmistoilla ja jatkuvalla valvomisella (2, s. 21).

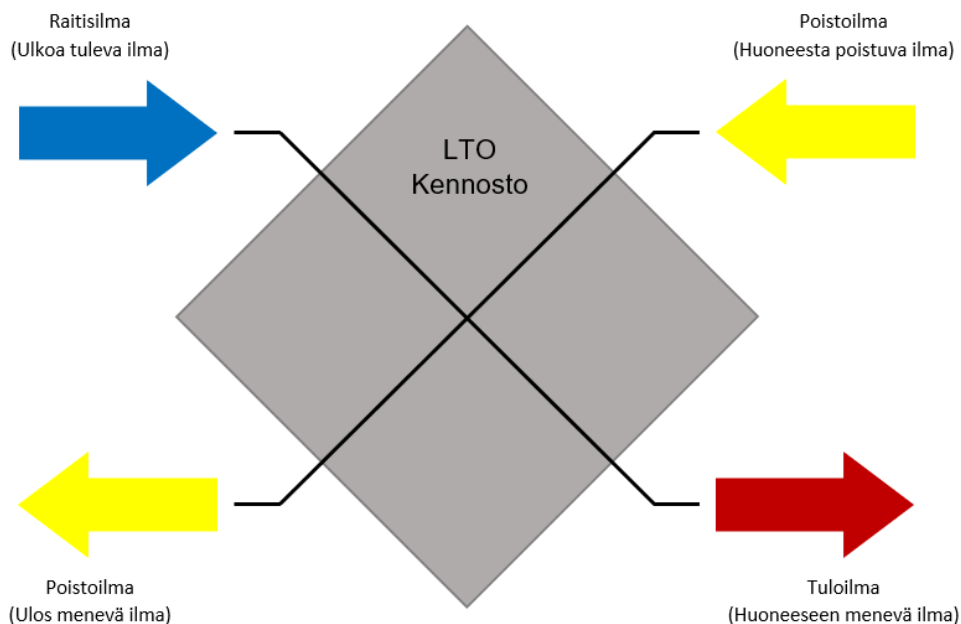
Rakennusautomaatio sisältää rakennuksen LVIS-toiminnot: lämpö, vesi, ilmanvaihto ja sähkö. Oikeanlaisella rakennusautomaatiolla pystytään pidentämään rakennusten elinkaarta ja välttämään turhaa energian käyttöä. Kiinteistöjen rakennusautomaatio ohjaa yleensä ilmanvaihtoa, lämmönjakokeskusta ja erilaisia sähköohjauksia kuten esimerkiksi rakennuksen valaistusta. Ohjaukset sisältävät erilaisia mittausantureilta saatavia tietoja, joita pystytään käyttämään haluttujen olosuhteiden ylläpitämisessä.

### **2.2 Ilmanvaihto**

Kohteessa on kaksi erillistä ilmanvaihtokonetta. Ilmanvaihtokoneet on numeroitu TK01 ja TK02. Ensimmäisen ilmanvaihtokoneen TK01 tehtävänä on hoitaa toimisto- ja sosiaalitilojen ilmanvaihto, joka sisältää lämmityksen ja viilennyksen. Toisen ilmanvaihtokoneen TK02 tehtävänä on hoitaa hallitilojen ilmanvaihto, joka sisältää lämmityksen ja viilennyksen lisäksi myös vapaa-ajan toimintoja, kuten hallin lämmityksen ja viilennyksen vapaa-aikana. Vapaa-ajaksi käsitetään aika, jolloin ilmanvaihtokone on pois päältä.

Molemmat ilmanvaihtokoneet sisältävät LTO-laitteiston. LTO eli lämmöntalteenotto on usein rakennusautomaatioissa käytetty energian säästöä tuova laite. LTO-laite ottaa rakennuksesta poistettavasta ilmasta lämpöenergiaa ja hyödyntää tätä energiaa ulkoa otettavan raitisilman lämmittämiseksi. LTO-laite voi olla myös kaksitoiminen, eli kesällä lämpimällä säällä käytetään viileämpää sisäilmaa ulkoa tulevan lämpöisen ilman viilentämiseen.

Ensimmäisen ilmanvaihtokoneen TK01 LTO-laitteisto on ristivirtaan perustuva levylämmönsiirrin. Ristivirtaan perustuvassa levylämmönsiirtimessä erilämpöiset ilmat ajetaan ristiin ja väliin sijoitetaan lämpöä johtava metallilevy. Kylmällä ulkoilmalla poistoilmasta saadaan lämpöä hyvin talteen ja käytettyä kylmän tuloilman lämmittämiseen, jonka avulla saadaan säästettyä paljon lämpöenergiaa. Ristivirta LTO-laitteiston hyötysuhde on noin 50 – 55 %. Kuvassa 1 on esitetty ristivirta LTO-laitteiston ilmavirtaukset.



*KUVA 1. Ristivirta LTO-laitteiston ilmavirtaukset*

Ristivirta LTO saattaa huurtua kylmällä säällä, jolloin sen toimintaa joudutaan rajoittamaan. Huurtuminen saadaan pysäytettyä käyttämällä virtausta LTO-kennoston ohi ja rajoittamalla raitisilman virtausta LTO-kennoston läpi, jolloin kennoston

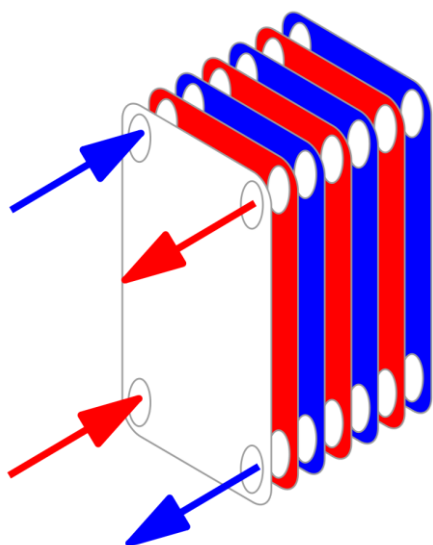
läpi virtaa vain poistoilmaa. Poistoilma lämmittää kennoston ja sulattaa sen mahdollisesta huurteesta.

Toisen ilmanvaihtokoneen TK02 LTO-laitteisto on regeneratiivinen, eli lämpöä varaava LTO. LTO-laite muodostuu kahdesta vuorottain lämpöä varaavasta ja luovuttavasta alumiinikennostosta. Moottorikäyttöinen suunnanvaihdin muuttaa jaksoittain alumiinikennojen läpi virtaavan ilman suuntaa. Toinen kenno aina varautuu lämpimällä tuloilmalla ja toinen kenno samalla luovuttaa lämpövaraus- tansa kylmään ulkoa tulevaan raitisilmaan. Tämän tyyllisen LTO-laitteiston hyötysuhde on hyvin korkea, jopa 75 – 80 %. (3.)

## **2.3 Lämmönjakokeskus**

Lämmönjakokeskus koostuu kolmesta eri ohjauspiiristä, jotka ovat käyttövesipiiri, patteripiiri ja iv-piiri. Jokainen piiri sisältää oman lämpötilamittauksensa, lämmönvaihtimen, vesipumpun ja yhden tai useamman ohjausventtiilin. Patteripiiri ja iv-piiri sisältävät myös verkoston painemittaukset.

Kohteen lämmitys perustuu kaukolämmöstä saatavaan lämpöenergiaan. Kaukolämmöstä saatava lämpöenergia siirretään kiinteistöön lämmönvaihtimien avulla. Kaukolämmön vettä ei koskaan ajeta suoraan kiinteistön vesikiertoon. Kuvassa 2 on esitetty graafisesti levytoimisen lämmönvaihtimen toiminta. Kaukolämmön tulovesi ja käyttövesipiirin menovesi ajetaan läpi lämmönvaihtimesta, jossa niitä ajetaan vuorotellen levyjen läpi, jolloin lämpö siirtyy kaukolämmön vedestä käyttöveteen.



*KUVA 2. Levytoimisen lämmönvaihtimen toimintakuva (4)*

Piirien lämpötila saadaan pysymään halutussa arvossa vesiverkoston lämpötilamittauksien avulla. Mittausarvot lähetetään logiikkaohjaimen säätöpiireille, jotka säätelevät jatkuvasti vesiverkoston venttiileitä halutun lämpötila-arvon mukaisesti. Venttiilien jatkuvalla säädöllä saadaan varmistettua kaukolämmön oikea suhde lämmönvaihtimissa ja tällä tavalla oikea lämpötila lämmityspiireissä.

## **2.4 Lisäohjaukset**

### **Valo-ohjaukset**

Ulkovalojen ohjauksien liittämällä rakennusautomaatiojärjestelmään saadaan poistettua valaistuksien turha käyttö. Valojen ohjauksessa käytetään usein tietoa hämäräkytkimeltä, joka antaa mittausarvon valoisuudesta ulkoa. Valojen ohjaukset voidaan myös aikatauluttaa, jolloin valojen poiskytkemiset tulevat automaattisesti, eikä ihmisen muistin kautta.

Kohteen kaikkien ulkovalojen ohjaukset ja tilatiedot tuotiin myös rakennusautomaatiojärjestelmään. Ulkovalojen ohjauksia on yhteensä 7 kappaletta ja saman verran tilatietoja. Ulkovalojen ohjauksiin käytettiin sekä hämäräkytkintä että aikataulutusta.

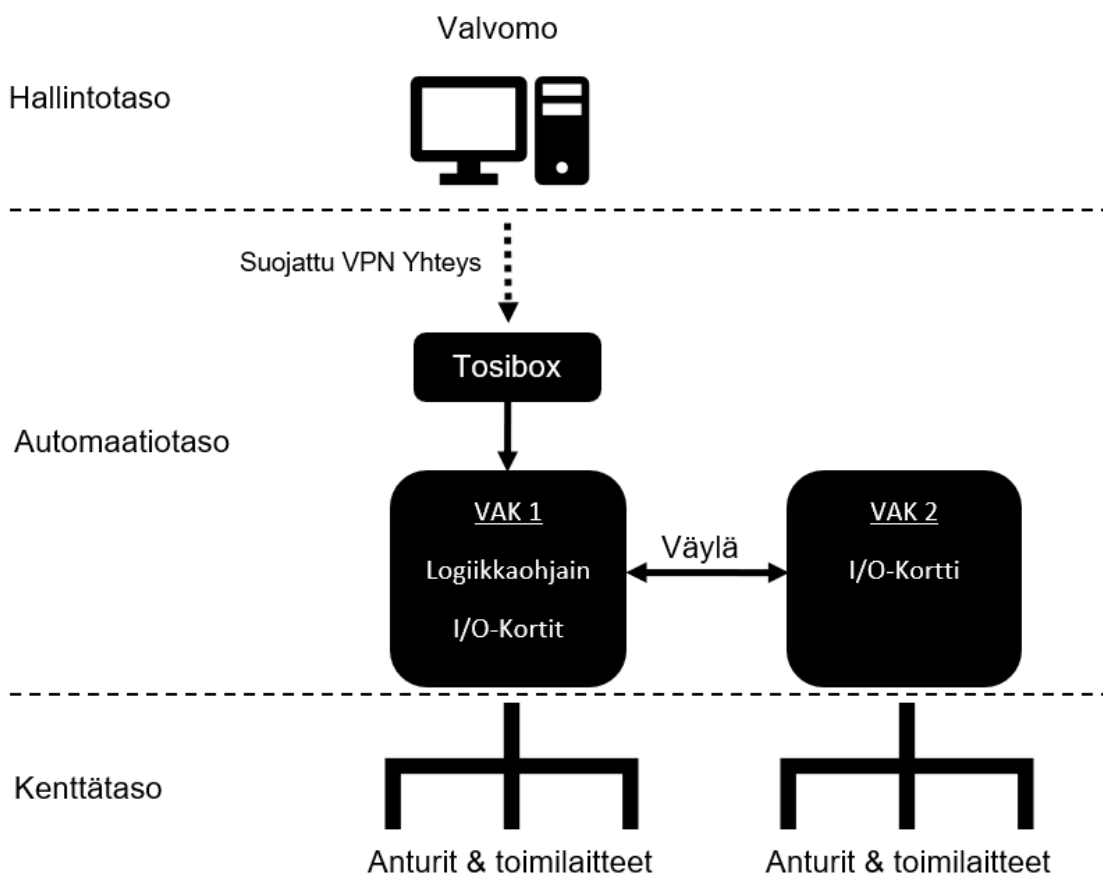
## **Erillispisteet**

Yleisesti rakennusautomaatiojärjestelmään tuodaan myös erilaisia tilatietoja, jotka eivät välttämättä ole ohjauksiin liittyviä vaan esimerkiksi hälytystietoja. Kohteen rakennusautomaatiojärjestelmään tulee erilaisia tilatietoja, joista voidaan lähettää kiinteistöhuollolle hälytys rakennusautomaatiojärjestelmän kautta. Tällainen tieto on esimerkiksi savunpoistopuhaltimista aiheutuva hälytys, joka indikoi savunpoiston olleen päällä jossain vaiheessa. Hälytyksestä menee tieto kiinteistöhuollolle, jossa jonkun pitää käydä hälytys kuittaamassa ennen kuin se poistuu ohjelmasta.

### 3 RAKENNUSAUTOMAATION HIERARKIA

#### 3.1 Hierarkian tasot

Rakennusautomaation hierarkia on jaettu kolmeen päätasoon, jotka ovat hallintotaso, automaatiotaso ja kenttätaso. Kuvassa 3 on kuvattu saneerauskohteen rakennusautomaation hierarkia.



KUVA 3. Saneerauskohteen rakennusautomaation hierarkia

#### Hallintotaso

Hallintotaso toimii käyttäjärajapintana järjestelmälle, se koostuu paikallisista valvomoista ja etävalvomoista. Yleensä valvomo tarkoittaa PC-valvomoa, joita saatetaan olla useita kiinteistön sisällä. Valvomoista päästään seuraamaan rakennusautomaatioprosessia ja tarvittaessa tekemään säätöjä graafisten prosessikuvien

avulla. Valvomoon saadaan myös tuotua tiedot eri hälytyksistä ja päästään tekemään muutoksia prosessin asetusarvoihin ja aikaohjelmiin (2, s. 59).

### **Automaatiotaso**

Automaatiotasoon kuuluvat alakeskukset, jotka sisältävät logiikkaohjaimet, I/O-kortit ja niiden kaapeloinnit. Alakeskukset on rakennettu toimimaan itsenäisesti, logiikkaohjaimien sisällä olevien ohjelmien mukaisesti. Kommunikaatio automaatiotasolla perustuu yleensä LAN-verkkoon ja TCP-IP-protokollaan. Myös langattomia verkkoja (WLAN) käytetään kommunikaatioon (2, s. 61).

### **Kenttätaso**

Kenttätasolla tarkoitetaan antureita ja toimilaitteita. Anturit lähettävät reaaliaikaista tietoa logiikkaohjelmalle, kuten esimerkiksi lämpötila-arvoja. Logiikan ohjelmistot vertaavat näitä tietoja asetettuihin tavoitteisiin, jonka perusteella toimilaitteita ohjataan. Kentällä voi olla myös itsenäisiä, laitteisiin integroituja säätimiä tai esimerkiksi taajuusmuuntajia, jotka ohjaavat pumppuja ja puhaltimia (2, s. 61).

## **3.2 Valvomo**

### **3.2.1 Niagara AX**

Tridiumin kehittämä Niagara AX-ohjelmisto on avoin Java-pohjainen sovellus, jonka voi yhdistää melkein mihin tahansa laitteeseen tai järjestelmään valmistajasta tai viestintäprotokollasta riippumatta. Niagara AX-ohjelmisto sisältää monia hyödyllisiä ominaisuuksia ja työkaluja, jotka helpottavat sovellusten rakentamista. Niagara AX mahdollistaa sisäisesti prosessin valvonnan, tietojen keräämisen, aikataulujen rakentamisen ja hälytyksien tekemisen. (5.)

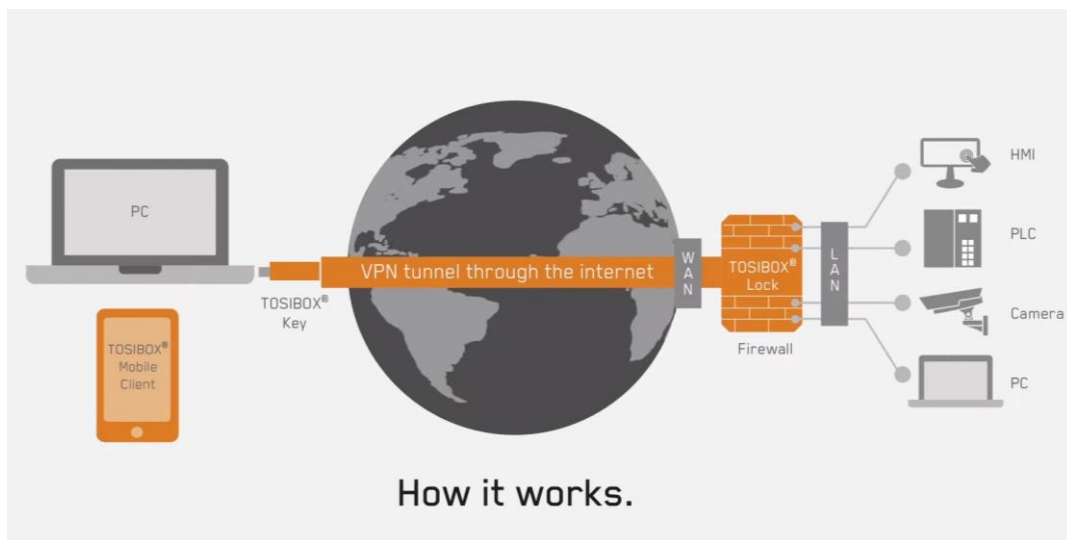
Niagara AX-ohjelmistolla kohteeseen rakennettiin etävalvomo, joka ei sisällä olleenkaan fyysistä valvomoa paikan päällä. Valvomoa voidaan käyttää normaalista nettiselaimesta, mikä mahdollistaa nopeamman pääsyn käsiksi valvomoon. Tällä tavalla saadaan myös helposti keskitettyä useampi valvomo samaan näkymään, mikä helpottaa useiden kohteiden hallintaa huomattavasti.



### 3.2.2 Tosibox

Tosibox mahdollistaa turvallisten etäyhteyksien rakentamisen helposti ja nopeasti. Tosibox-yhteydet muodostuvat fyysisistä laitteista: Tosibox-lukko, joka on reititin ja Tosibox-avain, joka on fyysinen USB-laite. Tosiboxin toiminta perustuu suoraan VPN-tunneliin näiden laitteiden välillä, jossa vain luotetut ennalta määritetyt avaimien haltijat pääsevät laitteilla verkkoon. (6.)

Kuvassa 4 on havainnollistettu Tosibox-laitteiden toimintaperiaate. Tosibox avain kytketään käyttölaitteeseen, jonka jälkeen muodostetaan VPN-yhteys lukkolaitteeseen. Lukkolaitteeseen liitetään kaikki etähallittavat laitteet Ethernet-yhteydellä.



KUVA 4. Tosibox-laitteiden toimintaperiaate (7)

Projektissa Tosibox etäyhteyslaitetta käytettiin valvomotason ja automaatiolaitteistojen välisen yhteyden muodostamiseen. Tosibox-lukkolaite sijoitettiin valvonta-alakeskukseen ja liitettiin logiikkaohjaimeen Ethernet-kaapelin välityksellä. Alakeskukseen sijoitettiin myös 4G-modeemi, josta saatiin internet yhteys lukkolaitteelle.

### 3.3 Valvonta-alakeskukset

#### 3.3.1 EC-BOS-8

Projektissa käytetty logiikkaohjain oli Distech Controlsin valmistama EC-BOS-8. (Kuva 5) Ohjain sisältää kaksi eristettyä RS-485 porttia, joilla pystytään yhdistämään suurimpaan osaan yleisistä nettiprotokollista esimerkiksi BACnet MS/TP ja tässä projektissa käytetty Modbus RTU. Ohjain sisältää myös mahdollisuuden lähettää dataa ja graafisia käyttöliittymiä normaaliin nettiselaimen käyttäen Ethernet-yhteyttä tai langatonta WLAN-yhteyttä.

EC-BOS-8-ohjain on suunniteltu käytettäväksi Niagara 4-valvomosovelluksissa, mikä tuotti tässä projektissa ongelmia projektin valvomon ollessa Niagara AX 3.8-versiolla eikä valvomoa haluttu uudistaa. Ohjain pystyttiin kuitenkin kääntämään käytettäväksi vanhemman version kanssa. Kääntäminen tapahtui Niagara 4-valvomosovellusta käyttämällä. Ohjain yhdistettiin Niagara 4-sovellukseen, jossa siihen ladattiin ja asennettiin vanhempi versio Niagara-sovelluksesta. Tämän jälkeen ohjainta pystyttiin käyttämään vanhemman valvontasovelluksen Niagara AX 3.8 kanssa.

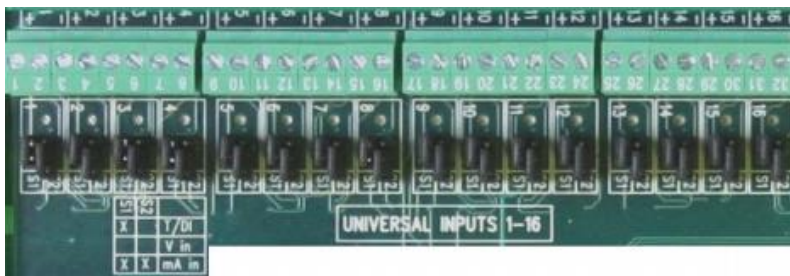


KUVA 5. Distech Controls EC-BOS-8-logiikkaohjain (8)

### 3.3.2 MIO-52

MIO-52 on yleiskäyttöinen I/O-laite, jonka välityksellä kenttälaitteiden tiedot siirtyvät logiikkaohjaimelle. MIO-52 käyttää tiedonsiirtoon isoitua RS485-sarjaliikenneväylää, jossa protokollana on MODBUS RTU. MIO-52 kortteja voidaan liittää 32 kappaletta yhteen RS485 väylään siltauksella. Laitteessa on 52 IO-liitintä, jotka ovat 16 kpl universaalituloja, 16 kpl digitaalituloja, 8 kpl analogialähtöjä ja 12 kpl digitaaliähtöjä. (9.)

Universaalitulot ovat yleiskäyttöisiä mittaustuloja, jotka voidaan valita analogiatuloksi tai digitaalituloksi laitteessa olevilla siltauksilla (Kuva 6). Laitteen digitaalitulot ovat normaaleja on/off -tyyppisiä potentiaalivapaille kosketintiedoille tarkoitettuja tuloja ja digitaaliähdöt ovat releohjauslähtöjä, joihin kytketään relemoduuli RJ-45-liittimellä. Analogialähdöt ovat 0 – 10 V:n ohjauslähtöjä, joihin kytketään pääasiassa toimilaitteita. (9.)



KUVA 6. MIO-52 Yleistulojen siltauksset (9)

### Relemoduuli

Relemoduulina käytetään MRE-1-korttia, joka kiinnitetään I/O-korttiin RJ-45-liitintä käyttäen. Yksi kortti sisältää 4 kappaletta relelähtöjä ja näitä lähtöjä pystytään myös käsin ajamaan päälle ja pois testausvaiheessa käyttämällä korteissa olevia fyysisiä kytkimiä.

## 3.4 Kenttälaitteet

Kaikki lämpötila-anturit uusittiin ja myös paine-eroa mittaavat anturit pois lukien lämmönjakokeskuksen IV- ja patteripiirin painemittaukset. Lisäyksenä vanhaan

järjestelmään lisättiin myös kaukolämmön tulo- ja paluulämpötilan mittaukset. Ku-  
vassa 7 on nähtävillä laiteluettelo kaikista projektiin uusituista antureista.

Nimi	Määrä	Selitys
Produal TEK NTC 10	6 kpl	TK01 ja TK02: Tuloilma, poistoilma ja tuloilma LTO jälkeen.
Produal TEV NTC 10	2 kpl	TK01 ja TK02: IV-koneen vesipatterit
Produal TEHR NTC 10	1 kpl	TK02: Hallin sisäilman lämpötila
Produal TEU NTC 10	1 kpl	LHJ: Ulkolämpötilan mittaus
Produal TEAT NTC 10	2 kpl	LJH: IV-Piirin menovesi ja patteripiirin menovesi
Produal TEP NTC 10	2 kpl	LHJ: Kaukolämmön tulo- ja paluulämpötila
Produal TENA NTC 10	1 kpl	LHJ: Käyttöveden lämpötila
Produal PEL 2500-N	4 kpl	TK01 ja TK02: Painemittaukset
HK-instruments DPS-1000P	2 kpl	TK02: Kanavapainemittaukset

*KUVA 7. Kohteeseen tilatut anturit*

Kaikki kohteen lämpötila-anturit käyttävät NTC-termistoreita mittaukseen. NTC-termistorit eli ”Negative Temperature Coefficient” ovat vastuksia, joiden lämpötilakerroin on negatiivinen. Lämpötilakertoimen ollessa negatiivinen pienenee vastus lämpötilan noustessa. (10.)

### 3.4.1 Ilmanvaihtokoneen anturit

#### Lämpötilamittaus

LVI-automatiikkaa varten suunniteltu TEK NTC 10 on lämpötila-anturi, joka on erityisesti hyvä vaihtoehto ilmanvaihtokoneen kanavalämpötilojen mittaukseen. Anturissa on lisänä asennuslaippa, joka on tarkoitettu helpottamaan asennusta ja varmistamaan kanavan tiiveys asennuksen jälkeen (Kuva 8).



*KUVA 8. Produal TEK NTC 10 lämpötila-anturi asennuslaipalla (11)*

Ilmanvaihtokoneen vesipattereihin tarvitaan myöskin lämpötilamittaus, jotta saadaan varmistettua patterin lämpötilan pysyvyys ja estettyä jäätyminen. TEV NTC 10 on lämpötila-anturi, joka on suunniteltu erityisesti lämmityspatterin jäätymisvaaratermostaatin anturiksi. Anturissa on lyhyt aikavakio, jota tarvitaan kriittisissä veden lämpötilanmittauksissa kuten jäätymisvaaratermostaatissa. (12.)

### **Painemittaus**

Ilmanvaihtokoneisiin sijoitetaan myös yleensä painemittauksia. Suodattimien paine-eroja, LTO-laitteiston paine-eroa ja kanavapaineita mitataan erilaisilla paineenmittausantureilla. PEL 2500-N on näytöllinen paine-erolähetin, joka soveltuu ilmanvaihtojärjestelmien paine-erojen ja paineiden mittaamiseen. Antureista voidaan valita mittausalue 0 ja 2500 Pascalin väliltä. Näytöllinen paine-eroanturi on erityisesti hyvä suodattimille, koska paine voidaan nähdä paikan päällä näytöstä huollon yhteydessä ilman valvomoa. (13.)



*KUVA 9. Produal PEL 2500-N paine-erolähetin (13)*

Painemittaukseen käytetään myös useasti edullisempia, näytöttömiä painemittareita. DPS-1000P on painemittaukseen tarkoitettu, näytötön paine-erolähetin. Lähettimestä voidaan valita mittausalueeksi neljä eri aluetta 0 ja 1000 Pascalin väliltä. Anturi lähettää 0 – 10 V:n jänniteviestiä, joka skaalautuu ohjelmaan valitun mittausalueen mukaan.

### 3.4.2 Vesiverkoston lämpötila-anturit

TEAT NTC 10 on lämpötila-anturi, joka on suunniteltu vesiverkoston lämpötilamittauksiin. Anturissa on pitkä mittauksen aikavakio, koska anturi asennetaan aina suojataskuun. (14.)



*KUVA 10. Eri materiaalisia suojataskuja, joihin vesianturit asennetaan (15)*

TENA NTC 10 on myös lämpötila-anturi vesiverkoston lämpötilamittauksiin. Erona TEAT-anturiin on lyhyempi aikavakio, joka on hyväksi esimerkiksi lämpöisen käyttöveden lämpötilamittauksessa. Lyhyempi aikavakio saadaan, koska anturia ei asenneta erilliseen suojataskuun vaan kierteet on tehty itse anturiin ja se voidaan asentaa suoraan vesiverkostoon (Kuva 11).



*KUVA 11. Pro dual TENA NTC 10 lämpötila-anturi (16)*

Jälkeenpäin asennettavana vesiverkostoon voidaan myös sijoittaa pintamittauksella toimivia lämpötila-antureita. TEP NTC 10 on pintamittaukseen suunniteltu lämpötila-anturi, joka kiinnitetään metallisella pannalla putken pinnalle. Pinta-

mittausanturit ovat todella helppoja asentaa ja soveltuvat hyvin esimerkiksi kaukolämmön tulo- ja poistolämpötilan mittaukseen ja muihin mittauksiin, jotka eivät vaadi nopea ja tarkkaa lämpötila-anturia. (17.)

### 3.4.3 Muut lämpötilamittaukset

Usein rakennusautomaatiojärjestelmään halutaan myös tieto huonetilojen lämpötilasta, joka voi toimia esimerkiksi säätimien mittausarvona ohjelmassa. TEHR NTC 10 on lämpötila anturi, joka on suunniteltu kuivien huonetilojen lämpötilamittauksiin. Anturi on koteloitu valmiiksi, mikä mahdollistaa helpon pinta-asennuksen tai asennuksen myös kojerasian päälle. (18.)



*KUVA 12. Produal TEHR NTC 10 huonetilojen lämpötila-anturi (18)*

Ulkolämpötilanmittaus on myös hyödyllinen tieto automaatiojärjestelmään. Ulkolämpötilan avulla saadaan esimerkiksi laskettua asetusarvo lämmityspiirille tai laskettua puhaltimien nopeuksia pakkasella. TEU NTC 10 on ulkolämpötilojen mittaukseen suunniteltu lämpötila-anturi. Anturi on koteloitu hyvin säänvaihteluja kestäväksi, mikä mahdollistaa asentamisen ulkotiloihin. (19.)

## 4 TYÖN SUORITUS

Saneerauskohteeseen uusittiin koko valvomo. Valvomon uusiminen tarkoitti uusien grafiikkanäkymien, sovellusten, aikataulujen ja hälytyksien tekemistä.

### 4.1 Pistemääritykset

Sovellusten suunnittelu aloitettiin pistemäärittelyllä. Pistemäärittely tehtiin aluksi Microsoft Excel-ohjelmassa. Pistemäärittelyssä kaikille projektin I/O-pisteille määritellään fyysinen osoite ja kytkennät. Kuvassa 13 on nähtävillä esimerkkinä ilmanvaihtokoneen TK01 suodattimien paine-eromittauksien pistemäärittelyt. Pisteet on määritelty IO-kortin AO-paikkoihin 6 ja 7. Pisteille on myös annettu IO-tyyppi ja skaala.

PISTE	TYYPPI	LAITE	TUNNUS	TEKSTISELITE	IO	SKAALA
6	AI/DI	TK01	PDS30	Poistoilmasuodattimen paine-ero	0-10v	0-1000
7	AI/DI	TK01	PDS01	Raitisilmasuodattimen paine-ero	0-10v	0-1000

KUVA 13. Esimerkki Excel-ohjelmassa tehdystä pistemäärittelystä

Pistemäärityksien lisäksi Excel-ohjelmassa tehdään kytkentäkuvat, joiden mukaan paikan päällä kytkennät suoritetaan IO-korteille. Kytkentäkuviin merkitään kaapelityyppi ja kaapeliparit, joilla kytkennät tehdään. Kuvassa 14 on nähtävillä esimerkki TK01 suodattimien paine-eromittauksien kytkentöjen määrittelyistä.

TK01	PDE40	1	AI/DI	5	9 10 24vac 0vac									NOMAK 6x2x0,5+0,5	2or 1or 1va		TK01 PDE40
TK01	PDS30	1	AI/DI	6	11 12 24 vac 0 vac									NOMAK 2x2x0,5+0,5	2or 1or 1va		TK01 PDS30

KUVA 14. Esimerkki Excel-ohjelmassa tehdystä kytkentäkuvasta

Microsoft Excel-ohjelmassa tehtävien määrittelyiden jälkeen lisättiin pisteet EC-BOS-8-logiikkaohjaimelle Niagara AX-ohjelmalla. Niagarassa pisteet lisättiin oikean IO-kortin alle points-välilehdelle. IO-pisteet määriteltiin oikean muotoiseksi pisteeksi niiden tyyppin mukaan. Jokaiselle pisteelle annetaan myös oma Modbus-osoite, jonka avulla oikeita pisteitä saadaan ohjattua IO-kortilla.



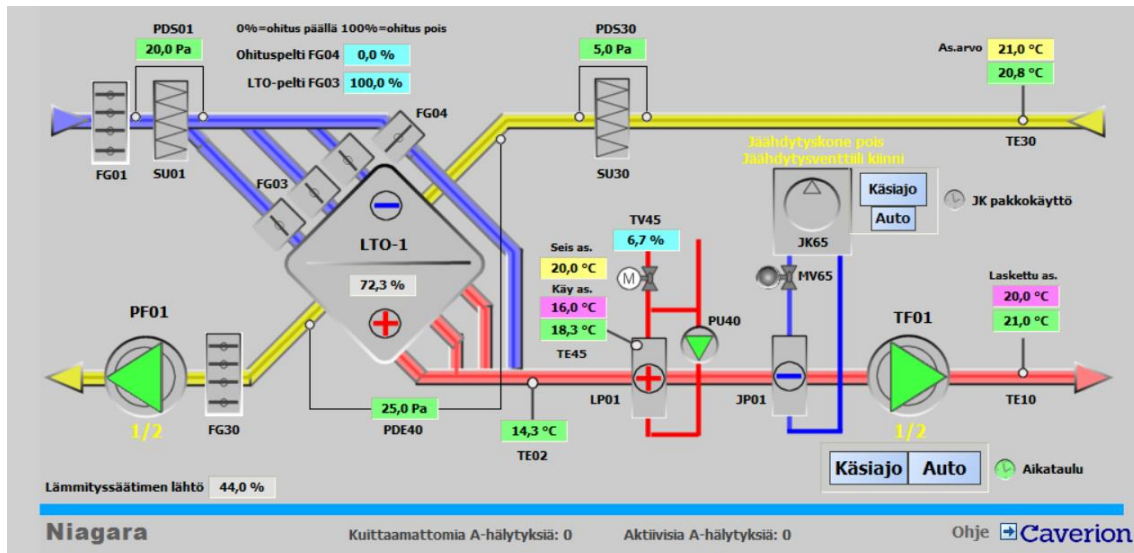
KUVA 15. IO-pisteiden lisäys Niagara AX-ohjelmaan

Pisteiden lisäyksen jälkeen niitä pystytään lukemaan ja ohjaamaan tyypistä riippuen Niagara AX-ohjelmassa. Pisteitä lukemalla ja yhdistämällä niihin erilaisia laskukaavakkeita ja logiikkapalasia saadaan rakennettua toimivia ohjelmakokonaisuuksia Niagara AX-ohjelmassa. Ohjelmoinnista kerrotaan lisää luvussa 4.3.

## 4.2 Grafiikkanäytöt

Grafiikkanäytöt tehtiin aluksi normaaleiksi JPEG-muotoisiksi kuviksi. Grafiikkanäyttöjä tehtiin molemmille ilmanvaihtokoneille ja lämmönjakokeskukselle, jonka jälkeen kuvat lisättiin Niagara AX-ohjelmaan.

Niagara AX-ohjelmassa pystytään lisäämään kuvaan erilaisia mittauspisteitä ja tilatietoja. Kuvassa 16 nähdään esimerkki valvomon grafiikkakuvasta, jossa on esitettynä ilmanvaihtokone TK01. Kuvaan on lisätty erilaisia hälytystietoja, mitaustietoja, käyntitietoja ja asetusarvoja. Grafiikkakuvat mahdollistavat helpon ja nopean tiedonkeruun prosessista, sekä hälytyksien vaivattoman tarkistuksen ja kuittauksen. Grafiikalta saadaan myös ohjauspisteitä ohjattua käsin ja voidaan muokata prosessin aikaohjelmia.



KUVA 16. Ilmanvaihtokone TK01 valvomokuva

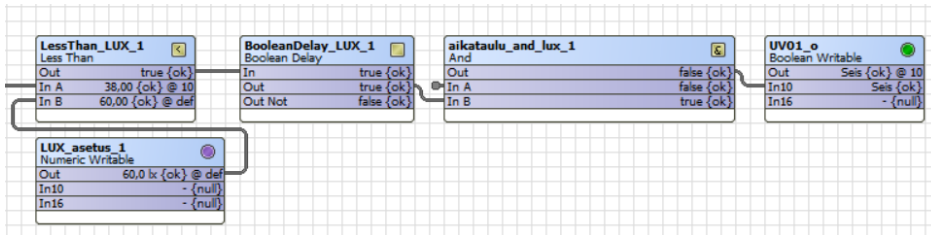
Lämmönjakokeskuksen ja ilmanvaihtokoneen TK02 valvomonäkymät ovat nähtävillä liitteissä 1 ja 2.

### 4.3 Ohjelmointi

Kohteen rakennusautomaatiojärjestelmään tehtiin ohjelmat molemmille ilmanvaihtokoneille, lämmönjakokeskukselle ja rakennuksen valojen ohjaukselle. Ohjelmointi tehtiin Niagara AX-ohjelmassa.

Ohjelmointi tehtiin Niagara AX-ohjelmalla käyttäen Function block diagram -ohjelmointikieltä. Se on graafisesti esitetty ohjelmointikieli, jossa käytetään valmiiksi tehtyjä ohjelmointipalikoita. Niagara AX-ohjelmisto sisältää eri kirjastoja, missä on valmiina ohjelmointiin käytettäviä palikoita. Ohjelmointi tapahtuu yhdistelemällä fyysisiä pisteitä ohjelmointipalikoihin halutulla tavalla.

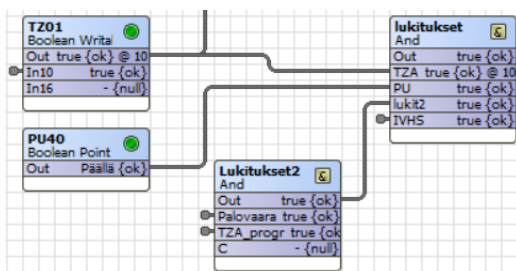
Kuvassa 17 on esimerkki Function block diagram -ohjelmointikielestä, jota käytetään Niagara AX-ohjelmistossa. Esimerkissä on tehty ulkovalo-ohjaus, jossa käytetään ehtoina valomäärää mittaavaa anturia ja aikataulua pisteen ohjaukseen. Valomääräanturin arvon ollessa alle 60 lx ja aikataulun ollessa aktiivinen ohjataan relelähde päälle ja ulkovalo syttyy.



KUVA 17. Niagara AX-ohjelmassa rakennettu valo-ohjaus

#### 4.3.1 Ilmanvaihtokoneen TK01 toiminta

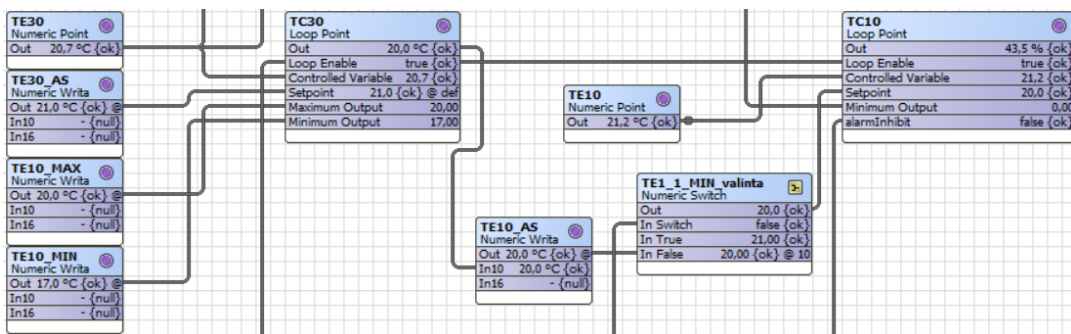
Ilmanvaihtokone sisältää kaksinopeuksiset poisto- ja tuloilmapuhaltimet, joita ohjataan aikaohjelman avulla. Aikaohjelman ollessa aktiivinen käynnistyvät tulo- ja poistoilmapuhaltimet, jos koneen käyntiehdot täyttyvät. Koneen käyntiehdot sisältävät jäätymisvaarahälytyksen, lämmityspumpun käyntitiedon, palovaarahälytyksen ja ilmastoinnin hätä-seis-painikkeen (Kuva 18).



KUVA 18. Ilmanvaihtokoneen TK01 käyntiehdot

Kaikkien lukituksien ollessa ok-tilassa, käynnistyy kone valitulle nopeudelle ja tulo- ja poistoilmapellit avautuvat. Pihalta tuleva raitisilma kulkee suodattimen läpi LTO-laitteistolle. Ilmaa ajetaan läpi LTO-laitteistosta moottorikäyttöistä peltiä avaamalla ja myöskin laitteiston ohi, ohituspeltiä avaamalla. LTO-laitteiston ohjaus toimii yhdellä säätöviestillä, joka ohjaa ohituspeltiä ja LTO-peltiä suhteessa toisiinsa. LTO-pellin ollessa 100% auki, on ohituspelti 0% auki. LTO-laitteiston jälkeen ilmaa joko lämmitetään avaamalla lämmitysventtiiliä TV45 tai viilennetään käynnistämällä jäähdytyskone JK65 ja avaamalla jäähdytyskoneen magneettiventtiiliä MV65. Ilman lämmityksen tai jäähdytyksen jälkeen tuloilma ajautuu huonetiloihin.

Huoneilmaan puhallettavan ilman lämpötilaa säädetään käyttämällä kaskadisäädintä. Sen toiminta perustuu siihen, että tuloilman lämpötilan säätöpiiri saa asetusarvonsa toiselta säätöpiiriltä, joka mittaa poistoilman lämpötilaa. Kuvassa 19 on esitettyä Niagara AX-ohjelmassa tehty kaskadisäädin, jossa on kaksi eri säätöpiiriä TC30 ja TC10. TC30 on poistoilmaa mittaava säädin, jolle asetetaan käsin asetusarvo, sekä minimi- ja maksimirajat. Tältä säätimeltä saatava arvo lähetetään toiselle TC10-säätimelle asetusarvoksi, joka säätelee tuloilman lämpötilaa asetusarvon perusteella.



KUVA 19. Niagara AX-ohjelmassa tehty kaskadisäädin

Huonetiloista lähtevä poistoilma ajetaan aluksi suodattimen läpi, jonka jälkeen se ajetaan LTO-laitteiston läpi, jossa poistoilmasta otetaan talteen ylimääräinen lämpöenergia ja siirretään tuloilmaan. LTO-laitteiston jälkeen poistoilma ajetaan poistoilmapellin kautta ulkoilmaan.

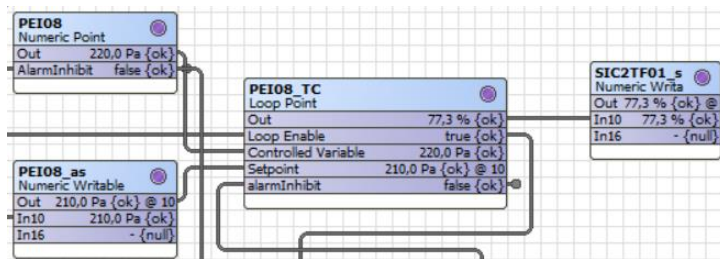
#### 4.3.2 Ilmanvaihtokoneen TK02 toiminta

Toisen ilmanvaihtokoneen TK02 tehtävänä on hoitaa hallitilojen ilmanvaihto. Huoneilmaan puhallettavan ilman lämpötilaa säädetään myös kaskadisäätimellä, jossa poistoilman lämpötila määrittää tuloilman lämpötilasäätimen asetusarvon.

Aikataulun antaessa käyntikäskyn taajuusmuuntajille käynnistyvät puhaltimet koneen käyntiehtojen täytyessä. Koneen käyntiehdot ovat samat kuin TK01:n käyntiehdot, pois lukien jäätymisvaarahälytys ja palovaarahälytys, jotka ovat omat hälytyksensä kummassakin koneessa. Käyntiehtojen täytyessä käynnistyy

aluksi poistoilmapuhallin ja pienen viiveen jälkeen tuloilmapuhallin. Tulo- ja poistoilmapuhaltimien moottoreita ohjataan taajuusmuuntajilla. Taajuusmuuntajille lähetetään säätöviesti, joka saadaan säätöpiiristä, missä tulo- ja poistoilmakanavien painemittaus toimii säätöarvona.

Kuvassa 20 on esitetty tuloilmapuhaltimen säätöviestin säätöpiiri. Asetusarvo säätimelle tulee käyrästä, jossa on laskettu kanavapaineelle arvo tietyille ilmamäärille. Säädin lähettää taajuusmuuntajalle ohjausviestiä 0 – 10 V, joka on skaalattu 0 – 100 %. Kun kanavapaine pyrkii laskemaan alle 210 Pascalin, nostetaan taajuusmuuntajalla puhaltimen nopeutta.



KUVA 20. Tuloilmapuhaltimen ohjausviesti

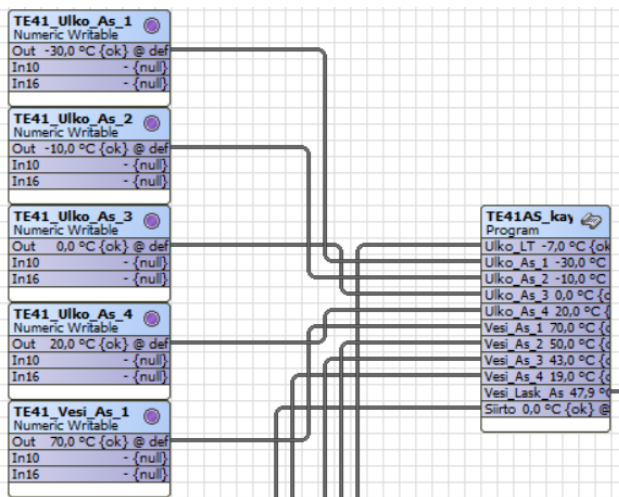
Puhaltimet käynnistyvät porrastetusti, niin että ensin käynnistyy poistoilmapuhallin ja noin 30 sekunnin kuluttua käynnistyy tuloilmapuhallin. Raitisilma ajetaan LTO-laitteiston läpi raitisilmasuodattimelle, jonka jälkeen sitä vielä lämmitetään lämmityspatterilla tarvittaessa. Lämmitysportaat käyttävät aluksi LTO-laitteistoa täydellä hyötysuhteella lämmittämiseen, seuraavaksi toisessa portaassa tulee mukaan kaukolämmitys ja avataan porrastettuna lämmityspatterin venttiilejä TV45 ja TV46. Lopuksi kolmannessa portaassa avataan kiertoilmapeltiä FG02 maksimirajaan saakka, ellei asetettua sisäänpuhalluslämpötilaa saavuteta.

#### 4.3.3 LJH

Käyttövesipiiri palvelee rakennuksen käyttöveden lämmitystä. Venttiiliä TV40 ohjataan säätöpiirillä, jossa käyttöveden lämpötilan mittaus toimii säätöpiirin ohjausarvona. Säätöpiirille on asetettu asetukseksi 55 °C ja kun havaitaan käyttöve-

den lämpötilan laskevan alle asetusarvon, reagoi säätöpiiri välittömästi avaamalla venttiiliä TV40, jolloin kaukolämmön tulovesi pääsee kiertämään käyttöveden lämmönvaihtimen läpi.

IV-piirin ja patteripiirin toiminnot ovat hyvin samanlaiset. Molemmat piirit sisältävät kaksi erillistä venttiiliä, joita säädetään säätöpiirillä piirin lämpötilamittauksen laskiessa alle asetusarvon. Asetusarvo piireille saadaan ohjelmasta, jolla laskeaan ulkolämpötilan mukaan asetusarvo IV- ja patteripiirien säätimille annetusta säätökäyrästä. Kuvassa 21 on esitettynä ohjelmassa tehty säätökäyrä, jossa ohjelmalle tuodaan laskuarvoksi ulkolämpötila ja asetusarvoiksi annetaan halutun käyrän mukaiset arvot.



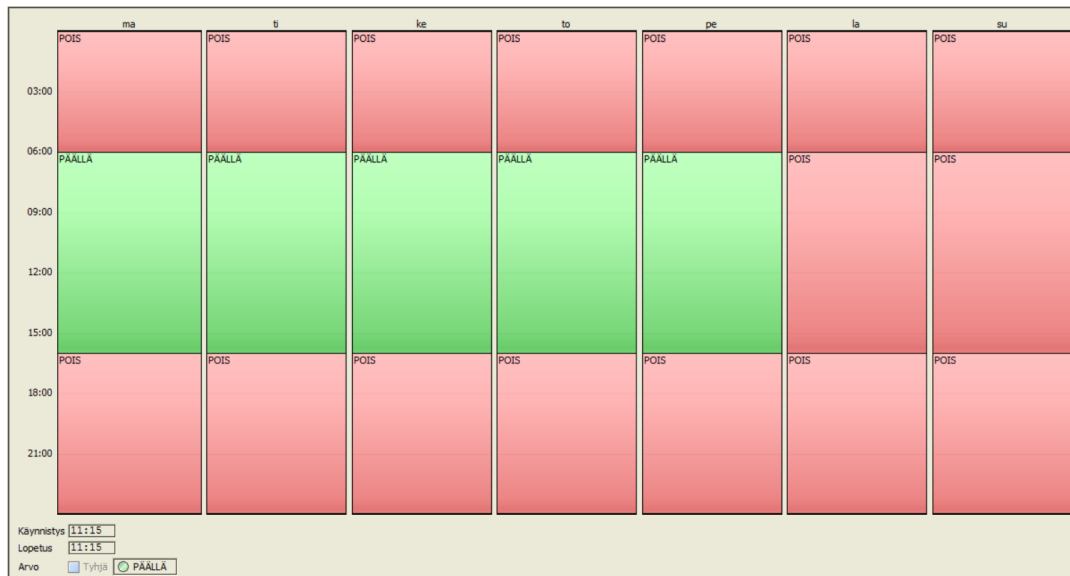
KUVA 21. IV- ja patteripiirissä käytetty säätökäyrä

#### 4.3.4 Ohjelmalliset toiminnot

##### Aikataulut

Ohjelmassa ohjataan eri toimintoja aikatauluilla. Aikataulut ovat käteviä ohjauksia esimerkiksi IV-koneille tai valaistukselle. Aikataulut on tehty helposti muutettaviksi etävalvomoa käyttäen. Aikataulut lisätään ohjelmaan omana ohjelmointipalikkanaan, joka liitetään halutun prosessin käynnin ohjaukseen. Aikataulut tuodaan valvomoiden grafiikoille, josta niitä päästään helposti muuttamaan käyttäjän haluamaan muotoon. Kuvassa 22 on esitettynä ulkovalaistuksen aikataulun

muokkausikkuna, josta voidaan määrätä jokaiselle viikonpäivälle ajankohta, jolloin valojen halutaan olevan päällä tai pois.



KUVA 22. Valvomosta avautuva aikataulun muokkausikkuna

Aikatauluihin voidaan myös tehdä erilaisia sisäisiä valintoja, kuten ilmanvaihtokoneen TK01 puhaltimiin tehtiin niiden ollessa kaksinopeuksisia. Aikataulu tehdään tällöin kirjoittamaan ohjelmalle joko nopeaa vauhtia, hidasta vauhtia tai pysäytysarvoa.

## Hälytykset

Ohjelmaan määritellään myös erilaisia hälytyksiä eri toiminnoille. Hälytysten tekeminen tapahtuu lisäämällä ohjelmassa halutulle ohjelmointipalikalle hälytyslaajennus, joka antaa hälytyksen ehdon täyttyessä. Kuvassa 23 on ilmanvaihtokoneen TK02 poistoilman lämpötilamittaukselle TE30 tehty ala- ja ylärajahälytys. Hälytys tapahtuu poistoilman lämpötilan noustessa tai laskiessa yli 2 °C raja-arvoista ja pysyessä ylittyneenä vähintään 10 minuutin aikajakson.

<input checked="" type="radio"/> Offnormal Algorithm <input type="radio"/> Out Of Range Algorithm	
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> High Limit	30,0 °C
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> Low Limit	14,0 °C
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> Deadband	2,0 Δ°C [0,0 - +inf]
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> High Limit Text	Poistoilman lämpötila, yläraja!
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> Low Limit Text	Poistoilman lämpötila, alaraja!
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> Limit Enable	<input checked="" type="checkbox"/> Low Limit Enable <input checked="" type="checkbox"/> High Limit Enable
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> Alarm Class	Vika

KUVA 23. Poistoilman lämpötilan mittaukselle tehty ala- ja ylärajahälytys

Hälytyksille määrätään myös hälytysluokat. Luokilla saadaan määritettyä hälytyksille kiireellisyys, esimerkiksi jos kyse on suodattimen vaihdosta, ei se ole niin kiireellinen tapaus ja voidaan hoitaa huoltoseisakin aikana. Vikatapaus taas on hyvä selvittää, koska yleensä se viestii jonkin prosessin osa-alueen toimimattomuudesta. Kaikki hälytykset on myös liitetty tekstiviestipalveluun, joka lähettää päivystävälle kiinteistöhuoltajalle tekstiviestin hälytyksestä.

Hälytykset voivat myös toimia prosessissa lukitusehtoina. Tällaiset hälytykset ovat yleensä todella kriittisiä ja vaativat kuittauksen, ettei jokin laitevika aiheuta isompia vahinkoja. Yksi tällainen ohjelmassa tehty ehto on jäätymisvaarahälytys, joka pitää kuitata ennen kuin prosessi voidaan käynnistää uudelleen.

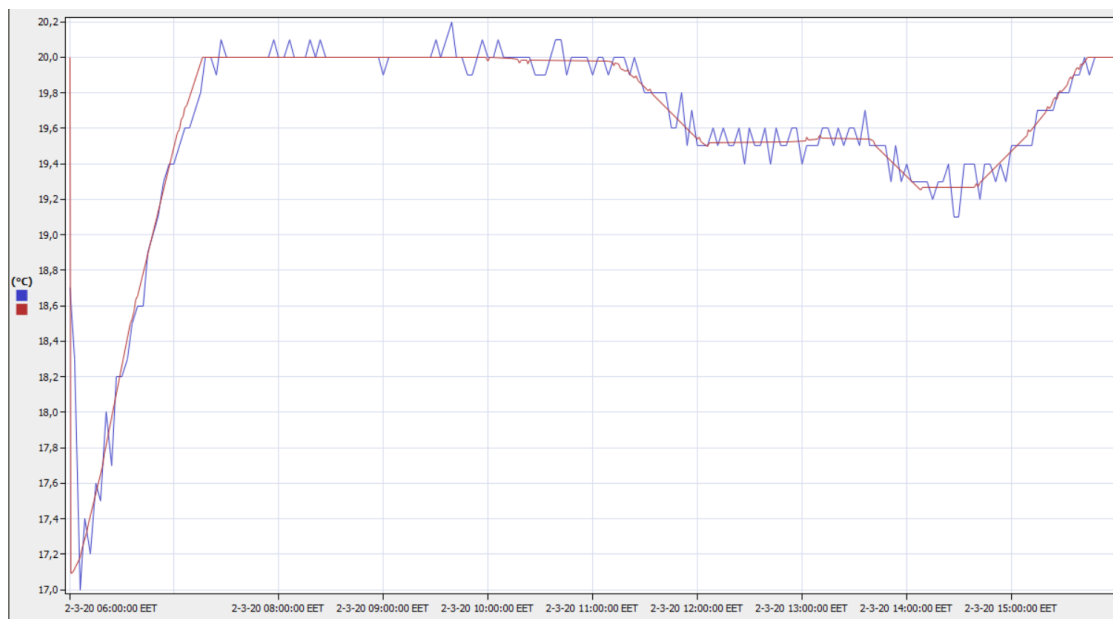
## Historiatrendit

Ohjelmiin lisättiin mittauspisteille ja asetusarvoille myös laajennus, joka tallentaa niiden arvot muistiin. Historiatrendit lisättiin pisteille laittamalla niihin NumericInterval-laajennus, joka tallentaa asetettujen määrityksien mukaan arvoja. Historiatrendien asetuksiin pystytään määrittämään esimerkiksi päivät, jolloin tallennetaan arvoja ja kuinka useasti arvoja otetaan talteen.

Tallennettujen historiatrendien avulla voidaan seurata prosessin oikeaa toimintaa ja tehdä prosessin säätöihin muutoksia, jos se nähdään tarpeelliseksi. Kuvassa



24 on esitettyä ilmanvaihtokone TK01 tuloilman asetusarvo ja mittausarvo trendinä. Asetusarvo on trendillä punainen viiva ja mittausarvo sininen viiva. Kone on käynnistynyt nopeammalle nopeudelle ja lähtenyt muuttamaan asetusarvoa sekä tuloilman lämpötilaa ohjelman mukaan. Trendistä voidaan todeta säädön hyvä toimivuus lämpötilan vaihtelevuuden ollessa pientä.



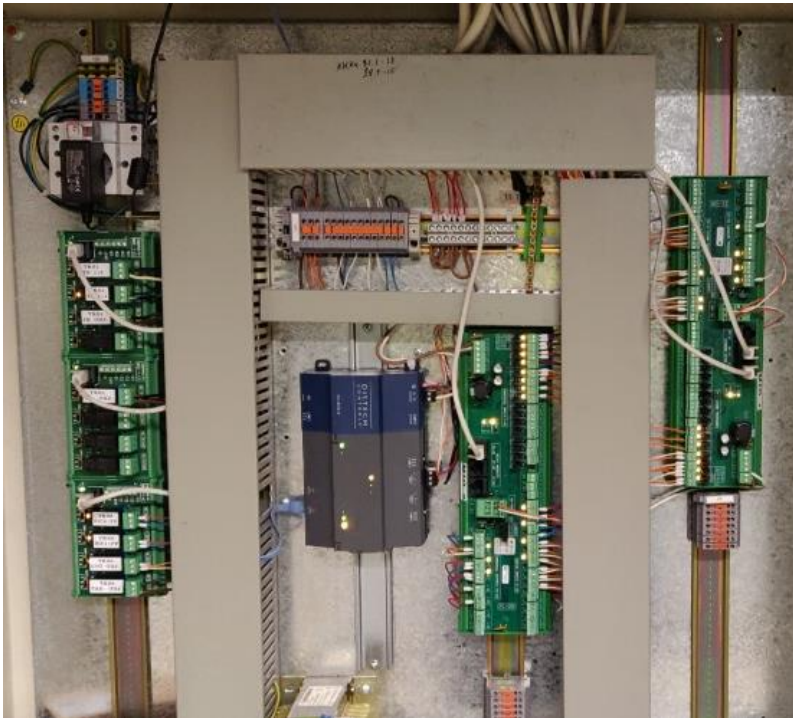
KUVA 24. Ilmanvaihtokone TK01 tuloilman historiatrendi

## 5 LAITTEISTON ASENNUS JA KÄYTTÖÖNOTTO

### 5.1 Laitteiston asennus

Logiikkaohjain, I/O-Moduulit, relekortit ja anturit tulivat aluksi Caverionille, Oulun toimistolle. Toimistolla rakennettiin testipenkki laitteista, jolla pystytään testaamaan ohjelmien toiminta ennen kohteeseen lähtöä. Testausvaiheessa antureita pysytään huijaamaan antamalla niille offsetlukua, joka muuttaa anturin antamaa mittausarvoa syötetyn arvon verran. Testauspenkin avulla ohjelmat saadaan testattua alustavasti ja päästään huomaamaan, onko ohjelmoinnissa tullut isoja virheitä. Varsinaiset testit ja säädöt voidaan suorittaa vasta kohteessa, kun saadaan aito prosessin toiminta käyttöön.

Ohjelmien valmistumisen ja alkutestauksien jälkeen lähdettiin kohteeseen suorittamaan asennuksia. Kohteessa asennuksissa oli mukana sähköasentaja, sekä lämmönjakokeskusta saneeratessa oli mukana myöskin putkimies, joka vaihtoi vesijärjestelmän anturit. Kohteessa saneeraus aloitettiin purkamalla vanhat järjestelmät pois valvonta-alakeskuksista. Uusien laitteiden asennukset suoritettiin valvonta-alakeskuksiin tehtyjen kytkentäkuvien mukaisesti. VAK-1 sisältää logiikkaohjaimen, 2 kappaletta IO-kortteja ja 3 kappaletta relemoduuleja (Kuva 25). VAK-2 sisältää IO-kortin ja 3 kappaletta relemoduuleja.



*KUVA 25. Kohteeseen uusittu valvonta-alakeskus 1*

## **5.2 Järjestelmän testaus**

Asennuksien yhteydessä testataan myös kaikki ohjaus- ja mittauspisteet. Pisteiden tarkastus on tärkeä vaihe, että saadaan varmuus kaikkien ominaisuuksien oikeasta toiminnasta. Mittauspisteet testataan irrottamalla johdot anturista ja katsomalla putoaako oikean anturin mittaustulos pois. Digitaaliset ohjauspisteet eli relelähdt pystytään testaamaan relemoduulien avulla, joissa on käsikytkimet. Relelähdt ohjataan päälle ja katsotaan, että oikea kontaktori vetää. Säätolähdt testataan jokaisen moottorin kohdalla ja katsotaan, että oikea moottori säättää niitä pakko-ohjatessa ohjelmasta. Laitteista testataan myös kaikki ohjelmalliset lukitukset, jotka ovat erittäin tärkeitä laitteiden turvatoimintoja. Ohjelmasta ohjataan käsin lukitukset päälle ja varmistetaan, että koneet sammuvat ja tekevät oikeat toiminnot.

### 5.3 Järjestelmän säädöt

Valvonta-alakeskuksien saneerauksen jälkeen ja koneiden lukituksien testauksen jälkeen kaikki projektin säätimet viritettiin. Säätimien viritys tarkoittaa ohjelmassa olevien PID-säätimien asetusarvojen kohdistamista oikeaksi, että prosessi toimii tasaisesti eivätkä säädettävät arvot heittelehdi liikaa. Rakennusautomaatiossa säätimien viritykset ovat hyvin yksilöllisiä, koska prosessissa on monia muuttujia, esimerkiksi säätöpeltien väljyydet, eristykset, antureiden toiminta ja antureiden sijoituspaikat.

PID eli Proportional-Integral-Derivative-säätimen ohjaus koostuu kolmesta eri osasta, jotka ovat P-osa eli suhdetermi, I-osa eli integroiva termi ja D-osa eli derivoiva termi. PID-säätimestä voidaan käyttää useita erilaisia yhdistelmiä kuten P-, PI- ja PID-säädin. Yleisimmin käytetty yhdistelmä on PI-säädin (20, s. 67).

Niagara AX-ohjelmassa PID-säätimet päästään virittämään avaamalla säädinpaikan Property Sheet. Kuvassa 26 on esitetty esimerkki säätimen viritysarvoista. Tämä säädin on TK01:n lämpötilasäätimen toinen PI-säädin.

<input type="checkbox"/> Facets	units=%,precision=1 %,min=-inf %,max=+inf % >>
<input checked="" type="checkbox"/> Proxy Ext	null
<input type="checkbox"/> Out	53,5 % {ok}
<input type="checkbox"/> Loop Enable	true {ok}
<input type="checkbox"/> Input Facets	units=null,precision=1,min=-inf,max=+inf >>
<input type="checkbox"/> Controlled Variable	20,0 {ok}
<input type="checkbox"/> Setpoint	20,0 {ok}
<input type="checkbox"/> Execute Time	+000000h 00m 01.000s
<input type="checkbox"/> Actual Time	1002
<input type="checkbox"/> Loop Action	Reverse
<input type="checkbox"/> Disable Action	Zero
<input type="checkbox"/> Tuning Facets	units=null,precision=3,min=-inf,max=+inf >>
<input type="checkbox"/> Proportional Constant	1,400
<input type="checkbox"/> Integral Constant	1,200
<input type="checkbox"/> Derivative Constant	0,000
<input type="checkbox"/> Bias	65,00
<input type="checkbox"/> Maximum Output	100,00
<input type="checkbox"/> Minimum Output	0,00
<input type="checkbox"/> Ramp Time	+000000h 00m 00s
<input type="checkbox"/> alarmInhibit	false {ok}

KUVA 26. Niagara AX-ohjelmassa PID-säätimen viritysarvot

Säädin on viritetty hitaaksi, koska huoneilman kaskadisäädössä ei tarvita nopeita liikkeitä vaan tasaista lämpötilansäätöä. Säätimen arvoista saadaan myös valittua sen haluttu toimintasuunta: jos mittausarvo nousee yli asetusarvon, laske- taanko säädön lähtöä vai nostetaanko sitä. Tämä säädin on valittu Reverse-ti- laan, eli se nostaa säätimen lähtöä mittausarvon laskiessa alle asetusarvon. Sää- dintä voitaisiin lähteä nopeuttamaan esimerkiksi nostamalla säätimen Proporti- onal Constant -arvoa eli P-arvoa. Tämä lisää säätimen ulostulon vahvistusta, mutta lisää myös maksimipoikkeamia ja säädön asettumisaikaa.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda uusi, toimiva rakennusautomaatiojärjestelmä ja uusaa vanha rikkiäinen valvomo. Tavoitteena oli tehdä valvomosta etäkäyttöinen ja nykyaikainen.

Haasteita projektin alussa tuotti hyvin vähäiset lähtötiedot kohteesta. Asia korjattiin nopeasti käymällä vierailulla kohteesta ja keräämällä lisää tietoa. Työ eteni tämän jälkeen hyvin suoraviivaisesti eikä ongelmia ilmennyt ennen kuin vasta asennusvaiheessa. Asennusvaiheessa kaksi kohteeseen jätetyistä vanhoista painelähettimistä oli viallisia ja aiheutti ongelmia prosessin toiminnassa. Ongelma saatiin kuitenkin ratkaistua vaihtamalla nämäkin painelähtimet uusiin.

Työn lopputuloksena saatiin uusi ja toimiva rakennusautomaatiojärjestelmä, joka sisältää nykyaikaisen etävalvomon. Etävalvomo rakennettiin käyttämällä tietoturvallista Tosibox-etäyhteyttä, siihen pystytään ottamaan yhteyttä normaalin nettiselaimen kautta. Uusittu rakennusautomaatiojärjestelmä on paranneltu versio vanhasta, johon lisättiin etäseurannan avulla mahdollisuudet kuitata prosessin viatkoja etänä. Saneerauskohteen ulkovalaistukset olivat suurimmaksi osaksi käsikäytöllä, mistä on tullut turhaa energiankäyttöä. Kaikkien ulkovalaistuksien muuttaminen automaattiseksi tekemällä niille aikaohjaukset ja käyttämällä valaisuiden määräänturia oikein, saadaan tulevaisuudessa varmasti säästöä sähkönkulutuksessa. Myös uusitut mittausanturit ja oikeanlaiset säädöt koneissa parantavat järjestelmän energiatehokkuutta.

Projekti oli haastava, koska siinä oli todella paljon uutta asiaa minulle, mutta tätä kautta todella opettava kokonaisuus. Projektissa pääsi perehtymään rakennusautomaatiojärjestelmän toimintaan ja näkemään sekä toteuttamaan saneerausprojektin eri vaiheet. Projekti valmistui aikataulussa ja ohjelmat todettiin lopputaustuksessa hyvin toimiviksi.

## LÄHTEET

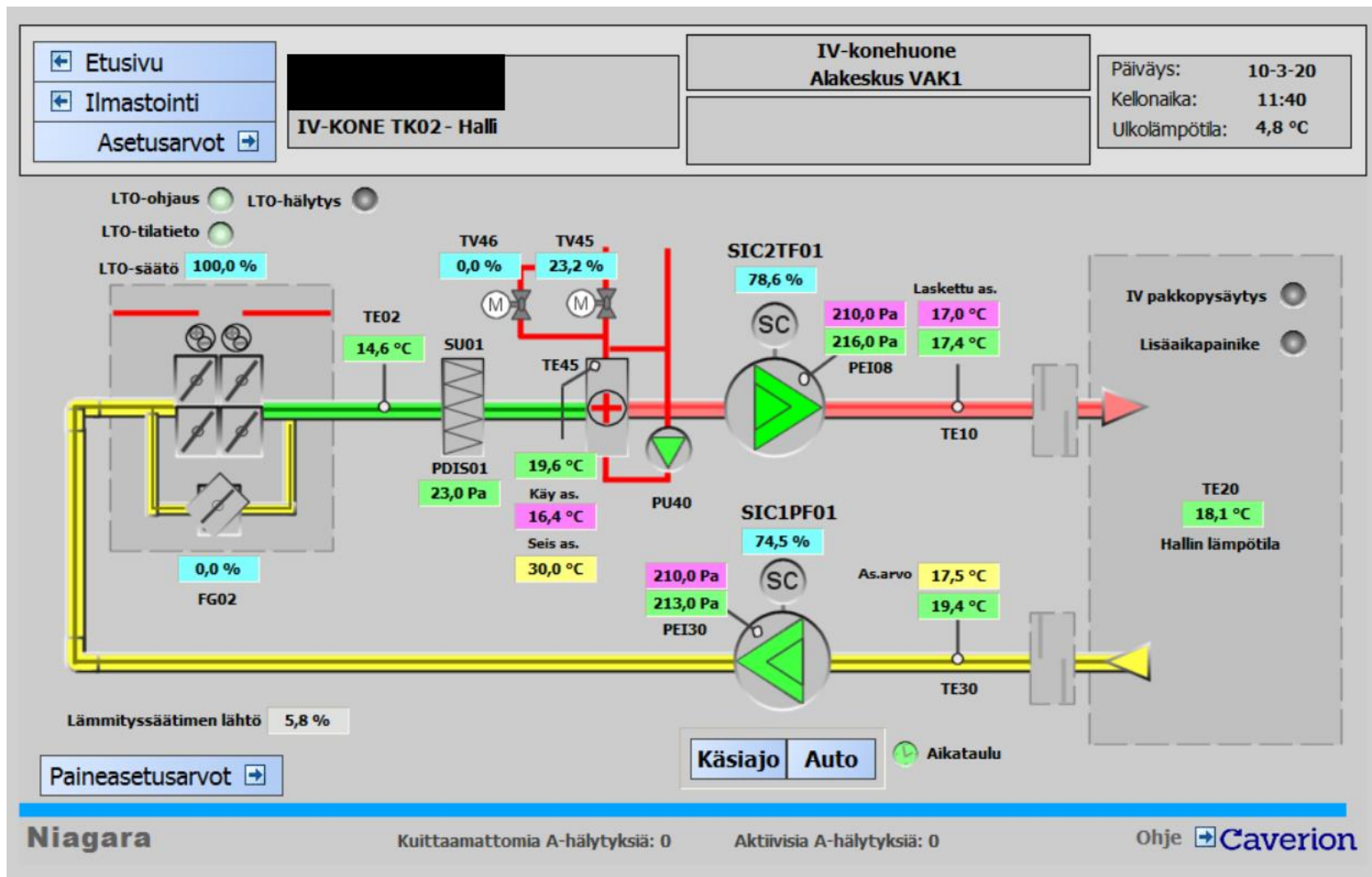
1. Caverion lyhyesti 2019. Caverion Oy. Saatavissa: <https://www.caverion.fi/tieto-caverionista/caverion-lyhyesti>. Hakupäivä 08.02.2020.
2. ST-käsikirja 17. 2018. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy
3. EGP Sarjan esite. Energent Oy. Saatavissa: <https://www.energent.fi/ilmas-tointikone/egp-egx/>. Hakupäivä 03.03.2020.
4. Conceptual diagram of a plate and frame heat exchanger. Wikipedia. Saatavissa: [https://en.wikipedia.org/wiki/Heat\\_exchanger](https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_exchanger). Hakupäivä 03.03.2020.
5. Niagara AX. Tridium. Saatavissa: <https://www.tridium.com/en/products-services/niagara-ax>. Hakupäivä 03.03.2020.
6. Tosibox esite. Tosibox Oy. Saatavissa: <https://www.tosibox.com/fi/ota-yhteystta/media/>. Hakupäivä 15.02.2020.
7. Tosibox How it works. Tosibox Oy. Saatavissa: <https://www.tosibox.com/fi/aloita-tasta/>. Hakupäivä 15.02.2020.
8. EC-BOS-8. Distech Controls. Saatavissa: <https://www.distech-controls.com/products/detail/947838/distech-controls/ec-bos-8>. Hakupäivä 08.02.2020.
9. MIO-52 Tekninen seloste. YIT Kiinteistötekniikka Oy 2011 sisäinen dokumentti.
10. NTC Thermistor. EETech Media. Saatavissa: <http://www.resistor-guide.com/ntc-thermistor/>. Hakupäivä 29.02.2020.

11. TEK NTC 10. Produal Oy. Saatavissa: [https://www.produal.com/fi/shop/web\\_ntc\\_10\\_sensors/sku-1175040](https://www.produal.com/fi/shop/web_ntc_10_sensors/sku-1175040). Hakupäivä 29.02.2020.
12. TEV NTC 10. Produal Oy. Saatavissa: [https://www.produal.com/fi/shop/web\\_ntc\\_10\\_sensors/sku-1175020](https://www.produal.com/fi/shop/web_ntc_10_sensors/sku-1175020). Hakupäivä 29.02.2020.
13. PEL 2500-N. Produal Oy. Saatavissa: [https://www.produal.com/fi/shop/web\\_differential\\_pressure\\_transmitters\\_for\\_air/sku-1131211](https://www.produal.com/fi/shop/web_differential_pressure_transmitters_for_air/sku-1131211). Hakupäivä 29.02.2020.
14. TEAT NTC 10. Produal Oy. Saatavissa: [https://www.produal.com/fi/shop/web\\_ntc\\_10\\_sensors/sku-1175070](https://www.produal.com/fi/shop/web_ntc_10_sensors/sku-1175070). Hakupäivä 29.02.2020.
15. AT 80. Produal Oy. Saatavissa: [https://www.produal.com/fi/shop/web\\_sensor\\_pockets/sku-1170010](https://www.produal.com/fi/shop/web_sensor_pockets/sku-1170010). Hakupäivä 29.02.2020.
16. TENA NTC 10. Produal Oy. Saatavissa: [https://www.produal.com/fi/shop/web\\_ntc\\_10\\_sensors/sku-1175050](https://www.produal.com/fi/shop/web_ntc_10_sensors/sku-1175050). Hakupäivä 29.02.2020.
17. TEP NTC 10. Produal Oy. Saatavissa: [https://www.produal.com/fi/shop/web\\_ntc\\_10\\_sensors/sku-1175080](https://www.produal.com/fi/shop/web_ntc_10_sensors/sku-1175080). Hakupäivä 29.02.2020.
18. TEHR NTC 10. Produal Oy. Saatavissa: [https://www.produal.com/fi/shop/web\\_ntc\\_10\\_sensors/sku-1175190](https://www.produal.com/fi/shop/web_ntc_10_sensors/sku-1175190). Hakupäivä 29.02.2020.
19. TEU NTC 10. Produal Oy. Saatavissa: [https://www.produal.com/fi/shop/web\\_ntc\\_10\\_sensors/sku-1175090](https://www.produal.com/fi/shop/web_ntc_10_sensors/sku-1175090). Hakupäivä 29.02.2020.
20. Harju, Timo – Marttinen, Arto. Sääntötekniikan koulutusmateriaali. Saatavissa: [https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/pid\\_kirja\\_1-1.pdf](https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/pid_kirja_1-1.pdf). Hakupäivä 03.03.2020.



# TK02 VALVOMONÄKYMÄ

## LIITE 1



# LJH VALVOMONÄKYMÄ

## LIITE 2

